

⑫ Int. Cl.⁵

G 02 B 6/12

27/28

識別記号

L
M
N
A

庁内整理番号

7036-2H
7036-2H
7036-2H
8106-2H

⑬ 公開 平成2年(1990)5月29日

審査請求 未請求 請求項の数 6 (全7頁)

⑭ 発明の名称 光アイソレータと磁気光学素子と光集積回路と磁気光学素子の製造方法と光集積回路の製造方法

⑮ 特 願 昭63-293791

⑯ 出 願 昭63(1988)11月21日

⑰ 発 明 者 松 田 薫 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
⑱ 発 明 者 石 塚 訓 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
⑲ 出 願 人 松下電器産業株式会社 大阪府門真市大字門真1006番地
⑳ 代 理 人 弁理士 栗野 重幸 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

光アイソレータと磁気光学素子と光集積回路と磁気光学素子の製造方法と光集積回路の製造方法

2. 特許請求の範囲

(1) 化合物半導体を基板とし前記基板上に堆積した磁性ガーネットをフェラダー素子として用いたことを特徴とする光アイソレータ。

(2) 化合物半導体基板上に形成された半導体レーザと前記化合物半導体基板と同一の基板上に堆積された磁性ガーネット光導波路よりなることを特徴とする光集積回路。

(3) ストライプ磁区構造を有する磁性ガーネットの単一磁区内に磁壁と平行に光導波路を形成し、前記光導波路をフェラダー回転子として用いたことを特徴とする磁気光学素子。

(4) 磁性ガーネット光導波路が、ストライプ磁区構造を有する磁性ガーネットの単一磁区内に磁壁と平行に形成した光導波路である特許請求の範囲第2項記載の光集積回路。

(5) 基板の裏面もしくは表面より直線偏光を照射し、透過光もしくは反射光の偏光状態を偏光子を用いて観察しながら、マスクの位置合わせを行うフォトリソグラフィ工程を有することを特徴とする磁気光学素子の製造方法。

(6) 基板の裏面もしくは表面より直線偏光を照射し、透過光もしくは反射光の偏光状態を偏光子を用いて観察しながら、マスクの位置合わせを行うフォトリソグラフィ工程を有することを特徴とする光集積回路の製造方法。

3. 発明の詳細な説明

産業上の利用分野

本発明は光通信、光制御、光記録等に用いる光アイソレータ、磁気光学素子、光集積回路及び磁気光学素子、光集積回路の製造方法に関するものである。

従来の技術

従来、光アイソレータのフェラダー回転子としては第8回日本応用磁気学会学術講演要録p30, 31に日比谷らによって報告されているよう

に、 $Gd_3Ga_5O_{12}$ (GGG) 等のガーネット基板上にLPE成長などにより堆積した磁性ガーネットを用いており、また磁気光学素子としては、光アイソレータを例にとれば、第8回日本応用磁気学会学術講演要集p47に腰塚らによって報告されているように、前記構成のファラデー回転子である磁性ガーネットのまわりに、光軸方向の外部的飽和磁場を与える永久磁石を配し、偏光子や検光子等の他の光部品と共に組み立てたものであった。半導体レーザと光アイソレータを一体化する場合には、第9回日本応用磁気学会学術講演要集p131に戸田らによって報告されているように、個々の部品である半導体レーザと光アイソレータを光軸を調整し接合することにより得ていた。

磁気光学素子の集積回路化を目指した従来の技術としては、2次元導波路構造で外部飽和磁場不用品な光アイソレータが第35回応用物理学関係連合講演会予稿集p825、28p-ZH-15に安藤らによって報告されており、ガーネット基板

導波路構造であるためにこの光アイソレータからの出射光を光ファイバ等の光部品に結合したときの結合効率が低いため、実用化には適当な構造ではない。化合物半導体と磁気光学素子の一体化を図るための、ガーネット基板上への化合物半導体のエピタキシャル成長に関しては、化合物半導体基板上への化合物半導体素子、例えば半導体レーザ、の作製プロセスが確立しており、実際にガーネット基板上へ化合物半導体素子を作製することは実用的でない。

課題を解決するための手段

本発明は上記問題点を解決すべく、化合物半導体基板上に堆積した磁性ガーネットをファラデー素子として用いたことを特徴とする光アイソレータ、化合物半導体基板上に形成された半導体レーザと前記化合物半導体基板と同一の基板上に堆積された磁性ガーネット光導波路よりなることを特徴とする光集積回路、及びストライプ磁区構造を有する磁性ガーネットの単一磁区内に磁壁と平行に光導波路を形成し、前記光導波路をファラデー

上への化合物半導体のエピタキシャル成長が1986年発行のジャーナル オブ アプライド フイズックス (Journal of Applied Physics), Vol. 59, No. 6のp2261からp2263にM. Razeghiらによって報告されている。

発明が解決しようとする課題

従来の技術において光アイソレータやその他の磁気光学素子は、ファラデー回転子を独立に作製し、その後半導体レーザやその他の光部品と光軸を調整し接合することにより作製していたために、光軸調整等の困難さにより量産化が容易でなく、高価格であり、高信頼性を得るのが困難であった。また、ファラデー回転子に外部飽和磁場を与える永久磁石が必要であり、他の光学部品に比べて永久磁石が大きいために、磁気光学素子の軽小型化の妨げになっている。

また磁気光学素子の光集積回路化を目指した従来の技術においては、安藤らによる2次元導波路構造で外部飽和磁場不用品な光アイソレータは、アイソレーション比が約7dBと低く、更に、2次元

一回転子として用いたことを特徴とする磁気光学素子を提供するものである。さらに本発明は上記問題点を解決すべく、基板の裏面もしくは表面より直線偏光を照射し、透過光もしくは反射光の偏光状態を偏光子を用いて観察しながら、マスクの位置合わせを行うフォトリソグラフィ工程を有することを特徴とする磁気光学素子の製造方法、及び基板の裏面もしくは表面より直線偏光を照射し、透過光もしくは反射光の偏光状態を偏光子を用いて観察しながら、マスクの位置合わせを行うフォトリソグラフィ工程を有することを特徴とする光集積回路の製造方法を提案するものである。

作用

本発明の光アイソレータを用いれば、化合物半導体基板上に半導体レーザを形成することによって半導体レーザと光アイソレータの一体化が容易に実現でき量産化、小型化が図れる。本発明の光集積回路を用れば、磁性ガーネット導波路の一部にファラデー効果やコottonムートン効果を持たせ光アイソレータ、光サーキュレータ、磁気光

字センサ等の機能を有する磁気光学素子と半導体レーザの光集積回路が容易に実現できる。本発明の磁気光学素子を用いれば、外部磁場を与えることなく光導波路を形成した単一磁区の磁化と光軸の内積によって決まるファラデー効果を常に得ることができるため、外部磁場を与える永久磁石が不用となり、光アイソレータ等の磁気光学素子の小型化がはかれる。本発明の磁気光学素子及び光集積回路の製造方法を用いれば、基板上に堆積された磁性体部分の磁区を観察しながらフォトリソグラフィ工程を行うことができるため磁区に応じたパターンニングを行うことができ、本発明の外部磁場不用の磁気光学素子および、外部磁場不用の磁気光学素子と半導体素子等を集積化した光集積回路を作製することができる。

実施例

本発明の光アイソレータの第1の実施例を第1図に示す。面発光半導体レーザ1の光出射端面2上に磁性ガーネット3をクラッド層4との格子整合をとることにより約 $348\mu\text{m}$ 堆積した。格子

方向に透過した面発光半導体レーザ素子1への反射戻り光は磁性ガーネット3を通過中にファラデー効果をうけ、その非相反性により偏光方向をさらに 45deg 回転され面発光半導体レーザ1の発振光の偏波方向と直交した偏波方向となるため、面発光半導体レーザへ検光子を透過した戻り光が戻っても雑音の誘引にはならなかった。また、光出射端面2でのクラッド層4と磁性ガーネット3の屈折率差による反射面は面発光半導体レーザ1の共振器となり、ここからの反射光は雑音の誘引にはならず、磁性ガーネット3の組成を変えることによって反射率をコントロールすることもできる。なお、本発明の光アイソレータの第1の実施例を示したが、本発明はInP系の半導体を基板とするだけでなく、GaAs系の半導体を基板として用いて発振波長 $0.8\mu\text{m}$ 帯用の光アイソレータであっても、他の波長であってもよい。本発明の光アイソレータの第2の実施例として、バルク状の化合物半導体結晶11内に拡散等によりp-n接合を形成した構造の半導体レーザの光出射

整合は例えばクラッド層4が(100)方位のn-InPの場合は磁性ガーネットとして $\text{Bi}_{1-x}\text{Lu}_x\text{Fe}_2\text{O}_{12}$ を堆積する事によりとることができた。また、クラッド層4と堆積する磁性ガーネット3の格子整合が得られない場合はクラッド層4と磁性ガーネット3の間に格子不整合を緩和するバッファ層をもうけてもよい。面発光半導体レーザ素子1のまわりに出射光と平行方向の外部磁場を印加する磁石を配し、出射光8が検光子7を介して出射する構成をとることにより容易に光アイソレータを構成する事ができた。面発光半導体レーザ素子1において単一モードの利得だけを大きくする事により、面発光半導体レーザ素子1の光出射端面2から出射し磁性ガーネット3に入射する光は、直線偏光をなしており、磁性ガーネット3通過中に 45deg のファラデー回転をうけ、偏光方向が 45deg 回転し出射光8となり出射する。検光子7をその透過偏光方向が出射光8の偏光方向となるように配置したので、出射光8は検光子7を透過して出射する。一方、検光子7を逆

端面に磁性ガーネット3を堆積したものを第2図に示した。

本発明の磁気光学素子の実施例として第3図に示す構造の光アイソレータを作製した。(100)方位のInP基板31(格子定数 $a=5.8687\text{\AA}$)上に $\text{Bi}_{1-x}\text{Lu}_x\text{Fe}_2\text{O}_{12}$ をターゲットとして用いてArと O_2 の混合ガスでイオンビームスパッタを行った。スパッタ条件としては基板温度が約 350°C 、ガス流量はArが 0.4SCCM 、 O_2 が 0.6SCCM 、イオン加速電圧が $3.0\sim 6.0\text{ kV}$ で行い、基板、ターゲット共にスパッタ堆積を行う前に、Arガスでクリーニングを行った。得られた膜の組成は $\text{Bi}_{1-x}\text{Lu}_x\text{Fe}_2\text{O}_{12}$ であり、面方位は(111)、膜厚約 $4\mu\text{m}$ において磁区構造は周期 $20\mu\text{m}$ のストライプ磁区構造であった。ファラデー素子として上述のInP基板上31にイオンビームスパッタにより堆積した上記の $\text{Bi}_{1-x}\text{Lu}_x\text{Fe}_2\text{O}_{12}$ 膜32をもちいた。ストライプ磁区構造の単一磁区33内に磁壁と平行に窒化シリコンの誘電層

34を形成することにより光導波路35を作製し、光を3次元的に閉じ込めて導波させた。外部磁場を印加せずにファラデー回転能 θ_F を測定したところ $\theta_F = 1300 \text{ deg/}^\circ\text{C}$ であったので 45 deg のファラデー回転角を得るために導波路を切断し端面研磨をおこない $348 \mu\text{m}$ の導波路長にした。光導波路端面に半導体レーザより入射されたTEモード36は光導波路35を導波中に 45 deg のファラデー回転をうけ、偏光方向が 45 deg 回転し光導波路35を出射する。光導波路35の出射端の後に偏光ビームスプリッタ等の検光子7をその透過偏光方向が光導波路35出射光の偏光方向となるように配置したので、光導波路35の出射光は検光子7を透過して出射する。一方、検光子7を逆方向に透過した半導体レーザへの反射戻り光は光導波路35を導波中にファラデー効果をうけ、その非相反性により偏光方向をさらに 45 deg 回転されTMモードとなる。従って半導体レーザへ光導波路35を逆向きに出射した出射光が戻っても雑音の誘引にはならない。第1の実施

波路長にした。また、半導体レーザ38側の端面は上記端面への入射光の上記端面からのへの反射が半導体レーザ38へ戻らないように光軸と上記端面の面方位が 45 deg をなすように研磨してある。光導波路端面に半導体レーザ38より入射されたTEモード36は光導波路35を導波中に 45 deg のファラデー回転をうけ、偏光方向が 45 deg 回転し光導波路35を出射する。光導波路35の出射端の後に偏光ビームスプリッタ等の検光子7をその透過偏光方向が光導波路35出射光の偏光方向となるように配置したので、光導波路35の出射光は検光子7を透過して出射する。一方、検光子7を逆方向に透過した半導体レーザへの反射戻り光は光導波路35を導波中にファラデー効果をうけ、その非相反性により偏光方向をさらに 45 deg 回転されTMモードとなる。従って半導体レーザへ光導波路35を逆向きに出射した出射光が戻っても雑音の誘引にはならない。検光子7からの出射光を光ファイバに導きファイバ遠端を垂直カットしてファイバ垂直遠端からの反射光を

例の光アイソレータのアイソレーション比は約 28 dB であった。

本発明の光集積回路の実施例として第4図に示すような半導体レーザ38と光アイソレータの光集積回路を作製した。InP基板31上に部分的にイオンビームスパッタにより堆積した上記の $\text{Bi}_{1-x}\text{Lu}_x\text{Fe}_2\text{O}_{12}$ 膜32をファラデー素子として用い、同一のInP基板31上に半導体レーザ38の出射光の光軸が $\text{Bi}_{1-x}\text{Lu}_x\text{Fe}_2\text{O}_{12}$ 膜32のストライプ磁区構造の磁壁の方向と平行になり、上記半導体レーザ38の出射光が $\text{Bi}_{1-x}\text{Lu}_x\text{Fe}_2\text{O}_{12}$ 膜32のストライプ磁区構造の単一磁区33内に入射するように半導体レーザ38を形成した。ストライプ磁区構造の単一磁区33内に磁壁と平行に窒化シリコンの装荷層34を形成することにより光導波路35を作製し、光を3次元的に閉じ込めて導波させた。外部磁場を印加せずにファラデー回転能 θ_F を測定したところ $\theta_F = 1300 \text{ deg/}^\circ\text{C}$ であったので 45 deg のファラデー回転角を得るために $348 \mu\text{m}$ の導

半導体レーザ38に戻したが、ファイバ垂直遠端からの反射光に対応する周期雑音は現れておらず、半導体レーザ38の相対雑音強度は -140 dBm/Hz と良好であった。

本発明の磁気光学素子の製造方法の実施例について示す。(111)方位の $\text{Mg}-\text{Ca}-\text{Zr}$ 置換 $\text{Gd}_2\text{Ga}_2\text{O}_{12}$ 基板10上に約 $5 \mu\text{m}$ の厚さに液相エピタキシャル成長した(111)方位の $\text{Bi}_{1-x}\text{Lu}_x\text{Fe}_2\text{O}_{12}$ 膜2は周期 $20 \mu\text{m}$ のストライプ磁区構造を有しており、上記であったストライプ磁区構造の単一磁区内に磁壁と平行に窒化シリコンの装荷層を形成した磁気光学モード変換器を製造した。まず $\text{Bi}_{1-x}\text{Lu}_x\text{Fe}_2\text{O}_{12}$ 膜2上にレジスト11を均一に塗布し、第5図に示すように基板10の裏面から赤外線長領域の直線偏光12を照射し、透過光を偏光子13を通して赤外線カメラで観察すると上記直線偏光12と偏光子13のなす角が直交するとき $\text{Bi}_{1-x}\text{Lu}_x\text{Fe}_2\text{O}_{12}$ 膜2の磁区構造が濃淡の縞模様として観察できた。そこで偏光子13と $\text{Bi}_{1-x}\text{Lu}_x\text{F}$

Fe:O_{12} 膜2の間にマスク14を挿入し、マスク構造と磁区構造の位置合わせを行い、単一磁区3内にマスク14のストライプが来るようにして露光した。その後レジストを現像して、窒化シリコンをプラズマCVDにより堆積し、リフトオフによって窒化シリコンの装荷層をストライプ磁区構造の単一磁区3内に形成する事ができた。これにより、外部磁場を印加しなくても導波路長を任意に変化することによってTEモードとTMモードの比が任意に変化させられるモード変換器が製造できた。

本発明の光集積回路の実施例としてInP基板31上に堆積した $\text{Bi}_{12}\text{Lu}_{12}\text{Fe:O}_{12}$ 膜32を磁気光学素子として用いた光集積回路の製造方法について第8図を用いて示す。基板が赤外波長領域を透過しない場合は基板の表面から赤外波長領域の直線偏光12を照射し、反射光70を偏光子13を通して赤外線カメラで観察することにより $\text{Bi}_{12}\text{Lu}_{12}\text{Fe:O}_{12}$ の磁区構造を観察した。そこで、マスク14の構造と磁区構造の位置合わせ

を行い、単一磁区3内にマスク14のストライプが来るようにして露光した。その後レジストを現像して、窒化シリコンをプラズマCVDにより堆積し、リフトオフによって窒化シリコンの装荷層をストライプ磁区構造の単一磁区3内に形成する事ができ、光導波路部の製造を行った。

なお、本発明の光アイソレータ、光集積回路について実施例では検光子として偏光ビームスプリッタを用いたが、本発明においては検光子の構造は、導波路型にして一体化するなど、いかなる構造でもよい。また本発明の光アイソレータ、光集積回路、磁気光学素子について本実施例に用いた組成以外の組成の磁性ガーネットおよび基板でも良く、本発明の光アイソレータ、光集積回路についてはストライプ磁区構造以外の磁区構造でもよい。さらに、本発明の光集積回路、磁気光学素子の製造方法について偏光子を通して赤外線カメラに取り込んだ空間的な光強度の変化をコンピュータ処理してわかりやすくしてもよい。

発明の効果

を説明するための図である。

1・・・レーザ素子、3・・・磁性ガーネット、6・・・出射光、7・・・検光子、11・・・化合物半導体結晶。

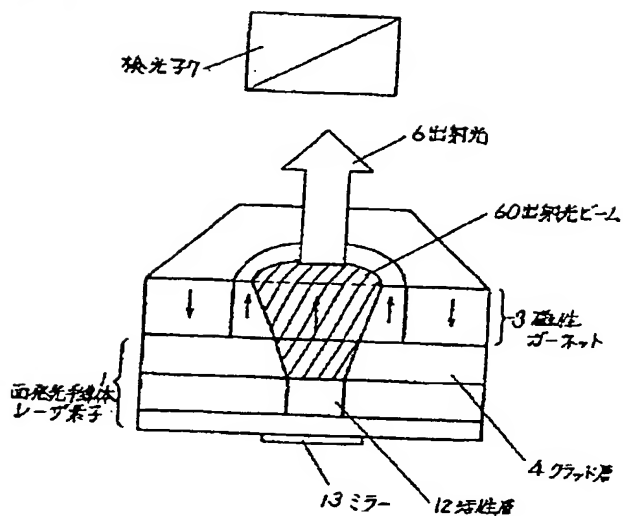
代理人の氏名 弁理士 栗野重孝 ほか1名

本発明の光アイソレータにより半導体レーザと光アイソレータの一体化が容易に実現でき量産化、小型化が図れた。本発明の光集積回路により半導体レーザと磁気光学素子の光集積回路が容易に実現できた。本発明の磁気光学素子により外部磁場を与える永久磁石不用の光アイソレータ等の磁気光学素子が得られ、容易に光アイソレータ等の磁気光学素子等の小型化がはかれた。本発明の磁気光学素子及び光集積回路の製造方法により、本発明の外部磁場不用の磁気光学素子および、外部磁場不用の磁気光学素子と半導体素子等を集積化した光集積回路を作製することができた。

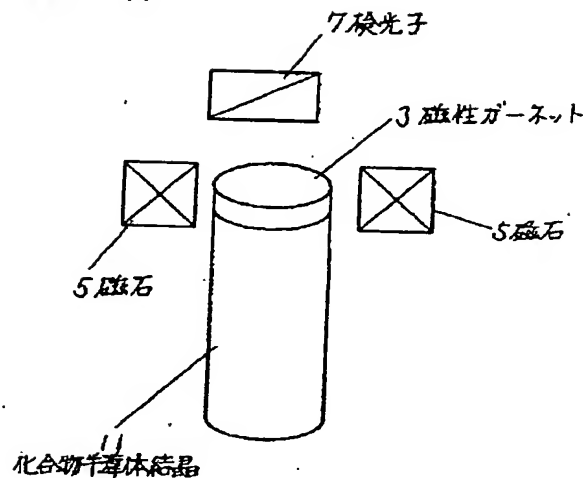
4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の光アイソレータ第1の実施例の構造図、第2図は本発明の光アイソレータの第2の実施例の構造図、第3図は本発明の光集積回路の実施例の構成図、第4図は本発明の磁気光学素子の実施例の構成図、第5図は本発明の磁気光学素子の製造方法の実施例を説明するための図、第6図は本発明の光集積回路の製造方法の実施例

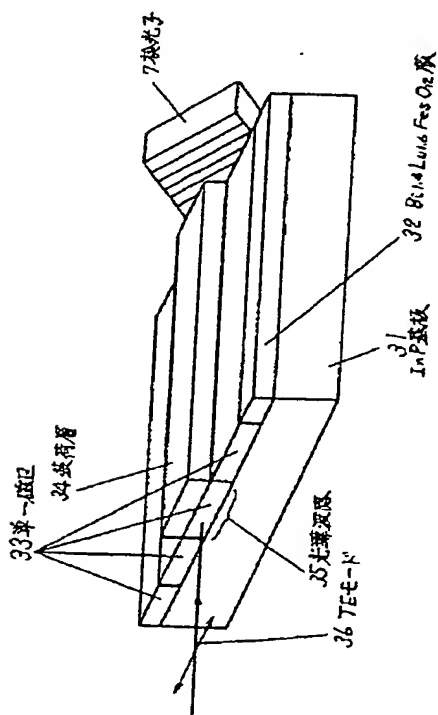
第 1 図



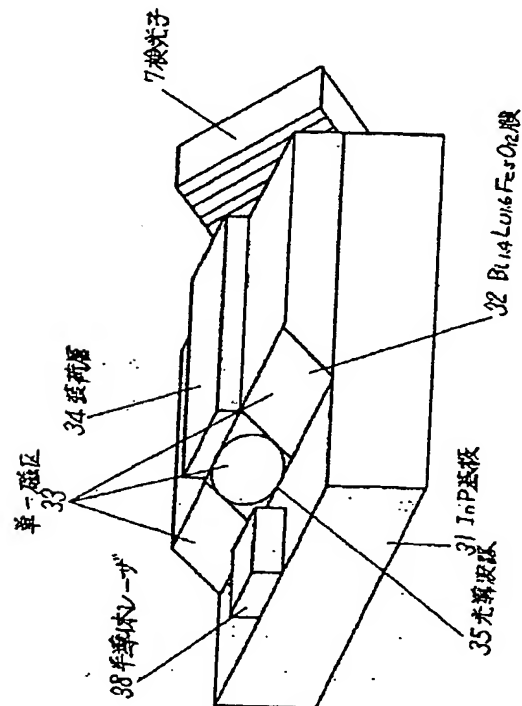
第 2 図



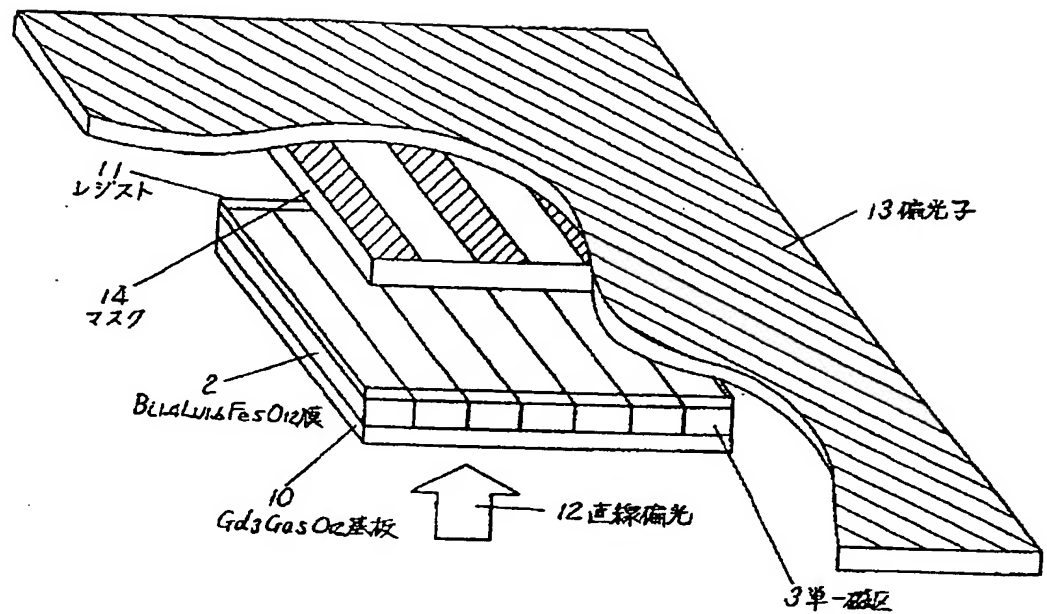
第 3 図



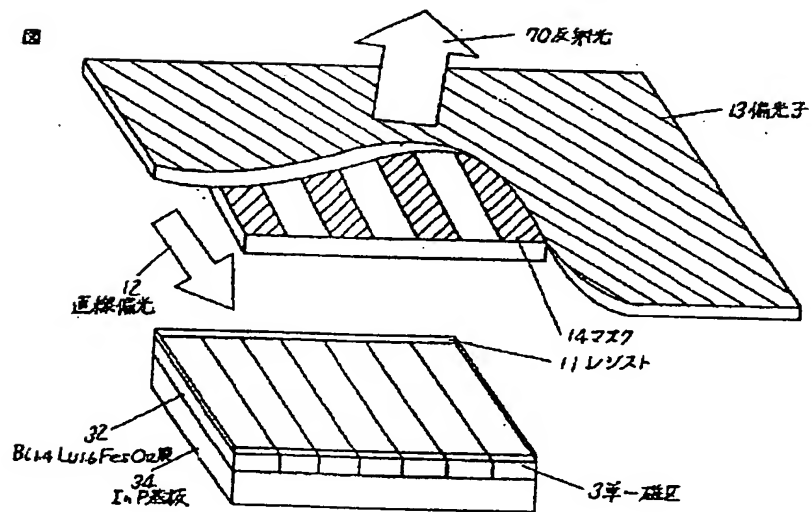
第 4 図



第 5 図



第 6 図





PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **02139502 A**(43) Date of publication of application: **29.05.90**

(51) Int. Cl.

G02B 6/12
G02B 27/28
(21) Application number: **63293791**(22) Date of filing: **21.11.88**(71) Applicant: **MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD**(72) Inventor: **MATSUDA KAORU**
ISHIZUKA SATOSHI

(54) **OPTICAL ISOLATOR, MAGNETO-OPTICAL ELEMENT AND OPTICAL INTEGRATED CIRCUIT, PRODUCTION OF MAGNETO-OPTICAL ELEMENT AND PRODUCTION OF OPTICAL INTEGRATED CIRCUIT**

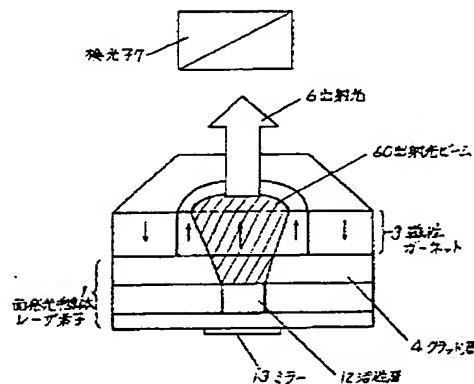
the isolator is so constituted that the emissive light 6 is emitted via an analyzer 7. The optical isolator is thus easily constituted.

COPYRIGHT: (C)1990,JPO&Japio

(57) Abstract:

PURPOSE: To integrate a semiconductor laser and an optical isolator and to miniaturize thereof by using a compd. semiconductor as a substrate and using the magnetic garnet deposited on the substrate as a Faraday element.

CONSTITUTION: The magnetic garnet 3 is deposited to about $346\mu\text{m}$ on the light exit end face 2 of the surface light emitting semiconductor laser 1 by taking the lattice matching with a clad layer 4. The lattice matching is taken by depositing $\text{Bi}_{1.5}\text{Lu}_{1.5}\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ as the magnetic garnet if, for example, the clad layer 4 is n-InP of (100) orientation. A buffer layer which relieves the lattice mismatching is provided between the clad layer 4 and the magnetic garnet 3 if the lattice matching with the magnetic garnet 3 to be deposited on the clad layer 4 cannot be taken. A magnet which impresses an external magnetic field in the direction parallel with the exit light is provided around the panel light emitting semiconductor laser element 1 and



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☒ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.